

## 明細書

### プラズマ処理装置及び処理装置の電極構造及び載置台構造

#### 5 技術分野

本発明は、プラズマ処理装置などの処理装置に係わり、特にプラズマ処理装置に好適な電極構造及び載置台構造に関する。

#### 背景技術

- 10 一般に、半導体集積回路の製造工程においては、被処理体である半導体ウエハに対して、成膜処理、エッチング処理、酸化拡散処理等の各種処理が繰り返行なわれる。この種の処理において、ベアウエハに対して酸化膜を成膜する場合のように、温度によるダメージを受ける素子や構造、或いは部材がウエハ中に存在しない場合には、例えば800～900℃の高温で熱処理を行なっても問題はな
- 15 い。しかし、例えば回路素子を多層化する際の層間絶縁膜等を成膜する場合には、上述のように800～900℃の高温にウエハを加熱すると下層の回路素子や構造が熱的ダメージを受けるという問題がある。このような問題を回避するために、それ程高くない温度、例えば300℃程度の低温域でプラズマを用いてCVD (Chemical Vapor Deposition) 成膜を施すことが行われ
- 20 ている。

- 図1は上記したようなプラズマCVDを行なう従来装置の概略構成図である。まず、真空引き可能になされた処理容器2内には、載置台を兼ねる下側電極部4が設置されている。この下側電極部4には、シースヒータのような加熱ヒータ部6が絶縁状態で埋設されている。具体的には、上記加熱ヒータ部6をアルミニウム等により鋳込むことによりこれを埋設している。そして、このアルミニウム製の
- 25 下側電極部4の上面に、静電チャッキング用のチャック電極をセラミックス材に埋設してなるセラミック製の静電チャック8がろう付け等により接合して設けられている。半導体ウエハWは静電チャック8の上に静電吸着力により保持され

また、上記下側電極部４の下部には、内部に冷却ジャケット１０を有する冷却ブロック１２が設けられている。上記冷却ジャケット１０と加熱ヒータ部６とをコントロールすることにより、ウエハＷを最適な温度に維持する構成となっている。

下部電極部 4 と冷却ブロック 1 2 との間には僅かな間隙の伝熱空間 1 4 が形成されて伝熱効率が低下するので、この伝熱空間 1 4 をＯリング等のシール部材 1 6 でシールし、ここにＡｒ ガス、Ｈｅ ガス、窒素ガスなどの不活性ガスよりなる伝熱ガスを導入し、伝熱効率を改善している。

ところで、半導体ウエハの処理温度が比較的低い場合、例えば処理温度が略200℃以下の場合には、処理容器2内に設けられる部材への処理温度の影響は大きくない。しかし、例えば成膜処理において、成膜速度を上げるためや膜質の改善のために、下層の素子や構造等が熱的ダメージを受けない範囲で処理温度を、200℃以上、例えば350～500℃程度まで上昇させる場合がある。

このような高温域になると、伝熱空間 1 4 を封止している O リング等のシール部材 1 6 が熱劣化してシール性が損なわれ、封入ガスが漏出するという問題があった。シール部材 1 6 のシール性が損なわれると、伝熱空間 1 4 に封止されていた不活性ガスが処理容器 2 内へ流出して伝熱効率が劣化する。その結果、ウエハ 25 W の温度コントロールの精度が劣化したり、或いは、例えば成膜処理において、伝熱ガスにより処理容器 2 内の成膜ガスが希釈化されてしまう。この問題を防止するためには、成膜ガスの流量を化学量論比以上に増大させなければならず、成膜ガスの消費量が増大するという問題もあった。

また、高温になる伝熱空間 14 に圧力センサを設けることはできないことから、伝熱空間 14 内への伝熱ガスの供給圧力は供給源側でモニタし、供給圧力が適正になるように制御している。しかし、このような構成では、制御対象領域の圧力を直接検出していないので、ガス圧の制御性が劣らざるを得なかった。

- 5 尚、本発明者は、特開平 6-232082 号公報において、低温状態で処理する際のシール構造を提案したが、これは例えば液体窒素を使用して冷却する霊薬装置のような超低温環境下におけるシール構造である。

#### 発明の開示

- 10 本発明は、上述の問題を解決した改良された有用なプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

本発明のより具体的な目的は、200℃以上の高温域においてもシール性が劣化せずに伝熱ガスが漏れることの少ないプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

- 15 本発明の他の目的は、内部に介在される絶縁体の変形を抑制し、また、相手部材と均等に接触できるようにし、もって被処理体の温度分布の面内均一性を改善することができるプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

- 20 また、本発明の他の目的は、耐熱性メタルシール部材の表面、或いはこのシール部材が接触する相手部材の接触面にプロセス温度にて軟化する低融点材料の軟化金属膜或いは軟化金属層を形成することにより、リークパスの発生を大幅に抑制することが可能なプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

- 25 また、本発明の他の目的は、耐熱性メタルシール部材の露出部全表面にフッ化不動体膜を形成することにより、フッ化ガスに対する耐腐食性を向上させることが可能なプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、電熱空間を画成する部材の表面粗さを所定の値以下に設定して熱伝達性を向上させることにより、被処理体の温度コントロール性

の向上が可能なプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

- 5 また、本発明の他の目的は、温度が高くなる傾向にある電極部や載置台の中心部の脱熱を、気体ブロワにより或いは電極部や載置台を支持する支柱を冷却することにより促進させることによって、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることが可能なプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

- 10 上述の目的を達成するために、本発明の一つの面によれば、真空引き可能になされた処理容器内でプラズマを用いて被処理体に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、加熱ヒータ部を内部に有する電極部と、この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記電極部と前記冷却ブロックとの間に形成された電極側伝熱空間をシールするための耐熱性メタルシール部材と、前記電極側伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段とを備える電極構造が提供される。

- 15 このように、耐熱性メタルシール部材を用いることにより、200℃以上、例えば350～500℃程度の高温域においても電極側伝熱空間のシール性を高く維持することが可能となる。

- 20 また、本発明の他の面によれば、真空引き可能になされた処理容器内でプラズマを用いて被処理体に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、加熱ヒータ部を内部に有する電極部と、この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記電極部と前記冷却ブロックとの接合対向面のうちの少なくとも一方に同心円状或いは螺旋状に設けられた溝部により形成されたラビリンス伝熱空間と、前記ラビリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段とを備える電極構造が提供される。

- 25 このように、電極部と冷却ブロックとの接合面にラビリンス伝熱空間を設けることにより、200℃以上、例えば350～500℃程度の高温域においても前記電極部と前記冷却ブロックとの間に形成される伝熱空間のシール性を高く維持

することが可能となる。

また、前記電極部と前記冷却ブロックとの間には絶縁体が設けられ、前記伝熱空間は上側空間と下側空間とに分割されることとしてもよい。この場合にも、上側及び下側空間が共に耐熱性メタルシール部材でシールされるので高温域におけ

5      るシール性を高く維持することができる。

前記絶縁体は、熱伝導度が $80\text{ W/mK}$ 以上の材料より形成されることとしてもよい。これにより、絶縁体のそり量を抑制することができ、この結果、相手部材と均等に接触することから、被処理体の温度分布の面内均一性を改善することが可能となる。前記絶縁体を窒化アルミニウム ( $\text{AlN}$ ) により形成することと

10      してもよい。

また、前記伝熱空間を画成するために接合される部材の接合面の接触率を、 $40\sim 80\%$ の範囲内に設定することとしてもよい。これにより、熱抵抗を過度に高くすることなく、伝熱ガスを面内に略均一に流すことができるので、被処理体の面内温度分布の均一性を更に改善することが可能となる。

15      更に、前記伝熱空間を画成する部材の表面粗さを $2.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下に設定することとしてもよい。このように、伝熱空間を区画する部材の表面粗さを所定の値以下に設定することにより、熱伝導性を向上させることができ、また、被処理体の温度コントロール性の向上が可能となる。

20      また、前記耐熱性メタルシール部材は、内部に低融点材料を封入した断面リング状の耐熱性金属膜よりなることとしてもよい。これによりシール部材の表面のならい性は高くなり、シール性を一層向上させることが可能となる。前記耐熱性メタルシール部材の表面は、前記被処理体のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属膜により被覆されていることとしてもよい。これによれば、プロセス時に上記低融点材料が軟化してこのシール部材との接触面の切れ込みが

25      上記軟化した材料により埋め込まれることによってリークパスがなくなり、これにより切れ込みを介して逃げる伝熱ガスを抑制することが可能となる。

また、前記耐熱性メタルシール部材が当接する部材の表面に、前記被処理体のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属層が形成されていること

としてもよい。この場合も、プロセス時に上記低融点材料が軟化してこのシール部材との接触面の切れ込みが上記軟化した材料により埋め込まれることによってリークパスがなくなり、これにより切れ込みを介して逃げる伝熱ガスを抑制することが可能となる。

- 5      また、前記耐熱性メタルシール部材の表面は、フッ素系ガスに対して耐腐食性を有するフッ化不動体膜により被覆されていることとしてもよい。これにより、フッ化ガスに対する耐腐食性を向上させることが可能となる。フッ化不動体膜は、フッ化ニッケルよりなる。

前記加熱ヒータ部は、セラミックヒータにより形成されることとしてもよい。

- 10      また、前記加熱ヒータ部は同心円状にゾーン分割され、分割されたゾーンは個々に制御可能としてもよい。

前記電極部は、前記被処理体の上方に位置する上側電極部とすることもできる。

- 15      また、前記電極部は前記被処理体を載置する載置台を兼ねる下側電極部であり、更に、この下側電極部の上面に接合されて前記被処理体を吸着する静電チャックと、前記静電チャックと前記被処理体との間に形成されるチャック側伝熱空間に伝熱ガスを供給するチャック側伝熱ガス供給手段とを備えることとしてもよい。

- 20      また、前記電極側伝熱空間、前記ラビリンス伝熱空間及び前記チャック側伝熱空間のうちの少なくとも1つの空間内に耐熱圧力センサが設けられており、この耐熱圧力センサの出力に基づいて前記対応する伝熱ガス供給手段のガス供給量を制御するようにしてもよい。これによれば、耐熱圧力センサにより制御対象空間の圧力を直接測定するので、ガス圧の制御性を向上させることができる。

- 25      また、前記電極部の中心は内部が中空状の支柱により支持されており、前記支柱内には前記電極部の裏面中心部に向けて気体を吹き付けて脱熱を促進させる気体ブロワ手段が設けられていることとしてもよい。これによれば、温度が高くなる傾向にある電極部の中心部の脱熱を促進させることができるので、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることが可能となる。

また、前記電極部の中心は支柱により支持されており、この支柱は前記冷却ブロックに熱伝導性部材を介して接続されていることとしてもよい。この場合にも、

載置台の中心部の脱熱を促進することができるので、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることが可能となる。

また、本発明の他の面によれば、真空引き可能になされた処理容器内で被処理体に対して所定の処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、前記

5 被処理体を加熱するための加熱ヒータ部を内部に有する載置台と、この載置台に接合されて内部に前記載置台を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記載置台と前記冷却ブロックとの間に形成される僅かな間隙の伝熱空間をシールするための耐熱性メタルシール部材と、前記伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段とを備えたことを特徴とする載置台構造が提供される。

- 10 このように、耐熱性メタルシール部材を用いることにより、200℃以上、例えば350～500℃程度の高温域においても前記伝熱空間のシール性を高く維持することが可能となる。

- また、本発明の他の面によれば、真空引き可能になされた処理容器内で被処理体に対して所定の処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、前記被
- 15 処理体を加熱するための加熱ヒータ部を内部に有する載置台と、この載置台に接合されて内部に前記載置台を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記載置台と前記冷却ブロックとの接合対向面のうちの少なくとも一方に同心円状或いは螺旋状に設けられた溝部により形成されたラビリンス伝熱空間と、ラビリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段とを備えたことを特徴とする載置台構造が提供される。
- 20

このように、載置台と冷却ブロックとの接合面にラビリンス伝熱空間を設けることにより、200℃以上、例えば350～500℃程度の高温域においても前記載置台と前記冷却ブロックとの間に形成される伝熱空間のシール性を高く維持することが可能となる。

- 25 また、本発明の更に別の面によれば、真空引き可能な処理容器と、上述の本発明による電極構造と、この電極構造に高周波電圧を印加する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置が提供される。

更に、本発明の他の面によれば、真空引き可能な処理容器と、本発明による載

置台構造とを備えたことを特徴とする処理装置が提供される。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、従来のプラズマ CVD 処理装置の概略構成図である。

5 図 2 は、本発明に一実施例に係るプラズマ処理装置の構成図である。

図 3 A 乃至 3 E D は、耐熱性メタルシール部材を示す断面図である。

図 4 は、本発明による電極構造（下側電極部側）の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図である。

図 5 は、耐熱圧力センサの概略構成図である。

10 図 6 は、本発明の電極構造（上側電極部側）の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図である。

図 7 は、絶縁体の温度差による反りを説明するための図である。

図 8 は、絶縁体の熱伝導度と反り量との関係を示すグラフである。

15 図 9 A 乃至 9 D は、種々の幅のガス溝を部材の接触面に設けた時の接触率を説明するための図である。

図 10 は、接触率に対する熱抵抗と温度分布のばらつきとの関係を示すグラフである。

図 11 は、下側電極部の下面と下側絶縁体の上面との間に形成される伝熱空間を示す模式図である。

20 図 12 は、図 2 に示す電極構造を模式的に示す図である。

図 13 は、絶縁体の表面粗さ  $R_a$  と熱抵抗との関係を示すグラフである。

図 14 は、鏡面仕上げされた電極部の下面と絶縁体の上面とを示す模式図である。

25 図 15 A は耐熱性メタルシール部材の表面に軟化金属膜を形成した状態を示す図であり、図 15 B は図 15 A に示す状態において軟化金属膜が軟化した状態を示す図である。

図 16 A は耐熱性メタルシール部材が当接する部材の表面に軟化金属層を形成した状態を示す図であり、図 16 B は図 16 A に示す状態において軟化金属膜が



軟化した状態を示す図である。

図 17 A 及び 17 B は、耐熱性メタルシール部材の表面にフッ化不動体膜を形成した状態を示す図である。

図 18 は、支柱内に気体ブロウ手段を設けた状態を示す図である。

5 図 19 は、半導体ウエハの面内温度分布を示すグラフである。

図 20 は、支柱と冷却ブロックとの間を熱伝導性部材で接合した状態を示す図である。

図 21 は、下側電極部の溝部の変形例を示す平面図である。

図 22 A 及び 22 B は、ラビリンス伝熱空間を示す部分拡大断面図である。

10 図 23 は、加熱ヒータ部の変形例を示す図である。

図 24 は、本発明による熱 CVD 処理装置の構成図である。

#### 発明を実施するための最良の実施の形態

以下、図面を参照しながら本発明の一実施例によるプラズマ処理装置について  
15 説明する。

図 2 は、本発明に一実施例に係るプラズマ処理装置の構成図である。図 3 A 乃至 3 E D は、耐熱性メタルシール部材を示す断面図である。図 4 は、本発明による電極構造（下側電極部側）の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図である。図  
20 5 は、耐熱圧力センサの概略構成図である。図 6 は、本発明の電極構造（上側電極部側）の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図である。

図示するように、プラズマ処理装置 24 は、例えばアルミニウムよりなる円筒体状の処理容器 26 を有してゐる。処理容器 26 の中の底部側には、被処理体としての半導体ウエハ W を載置する載置台としても機能する下部の電極構造 28 が設けられる。処理容器 26 の天井部には上部の電極構造 30 が設けられる。

25 処理容器 26 の側部には、半導体ウエハ W を処理容器 26 内へ搬入搬出する際に開閉されるゲートバルブ 32 と、シランや酸素などの成膜ガス等の各種のガスを導入するガスノズル 34 が設けられる。尚、このガスノズル 34 に替えて、上記上部の電極構造 30 の下面に、例えば石英製のシャワーヘッドを設けるように

してもよい。

処理容器 26 の下部側壁には、図示しない真空ポンプ等を含む真空排気系に接続された排気口 36 が設けられており、処理容器 26 内を真空引き可能としている。

- 5      上記下部の電極構造 28 は、載置台としても機能する下側電極部 38 と、下側電極部 38 の下方に配置される冷却ブロック 40 と、下側電極部 38 と冷却ブロック 40 との間に介在されて両者を電氣的に絶縁する下側絶縁体 42 とにより主に構成されている。具体的には、上記下側電極部 38 はアルミニウムよりなる。

- 10      下側電極部 38 の中には、渦巻状或いは同心円状に巻回されたシースヒータ（加熱ヒータ）44 が鑄込みにより埋め込まれており、ウエハ W を加熱し得るようになっている。そして、下側電極部 38 の上面には、内部にチャック電極を埋め込んだセラミック製の静電チャック 46 がろう付け等により接合されている。被処理体であるウエハ W は静電チャック 46 により吸着されて保持される。そして、
- 15      下側電極部 38 の下方に延びる導電性の支柱 48 は、容器底部 50 を貫通して延在している。支柱 48 にはリード線 52 を介してマッチング回路 54 及びバイアス用高周波電源 56 が接続されている。支柱 48 には、昇降機構（図示せず）が取り付けられており、支柱 48 を昇降移動する。

- 20      冷却ブロック 40 は、上記下側電極部 38 と同様にアルミニウムにより構成されており、内部には冷媒を流すための中空リング状の冷却ジャケット 58 が形成されている。そして、この冷却ジャケット 58 に冷媒を流すことにより、上記下側電極部 38 を介してウエハ W を冷却するようになっている。実際には、この冷却ジャケット 58 と加熱ヒータ部 44 とを選択的に、或いは同時に駆動することにより、ウエハ温度を適正值になるように制御する。そして、冷却ブロック 40 の下面と容器底部 50 とは伸縮可能になされたベローズ 60 により接合されてお
- 25      り、下部の電極構造 28 に対して、処理容器 26 内の気密性を維持したまま上下移動を許容している。

また、下側電極部 38 と冷却ブロック 40 との間に介在される下側絶縁体 42 は厚さが 20 mm 程度のリング状の石英ガラスよりなる。下側絶縁体 42 は、上

記下側電極部 38 より下方へ延びる支柱 48 の外周も被っており、支柱 48 も絶縁している。

そして、下側電極部 38 と下側絶縁体 42 及び下側絶縁体 42 と冷却ブロック 40 は共に上下に接合されるが、これらの間にそれぞれ僅かな間隙の空間、すな  
5 わち上側電極側伝熱空間（上側空間）62 と下側電極側伝熱空間（下側空間）64 が形成される。これらの両伝熱空間 62、64 が存在すると、両伝熱空間 62、64 は処理容器 26 内へ連通していることからプラズマ処理時に両伝熱空間 62、64 内が真空状態となって上下方向への伝熱効率が低下してしまう。そのために、  
10 リング状の両伝熱空間 62、64 の内周側及び外周側には、それぞれリング状に耐熱性メタルシール部材 66A、66B、68A、68B が介在されており、両伝熱空間 62、64 の気密性を高く維持している。更に、シール部材 66A、66B、68A、68B の気密性を高く維持しても、僅かにガスが漏れることは避けられないので、両伝熱空間 62、64 には、それぞれガス供給通路 70、72 が接続されており、後述するように圧力制御された Ar、He、N<sub>2</sub> 等の不活性  
15 ガスより成る伝熱ガス、例えば N<sub>2</sub> ガスが供給されるようになっている。

また、上記したと同様な理由で、プラズマ処理時における下側電極部 38 及び静電チャック 46 側からウエハ W への伝熱効率を上げるために、静電チャック 46 の上面とウエハ W の裏面との間に形成されるチャック側伝熱空間 74 にも伝熱ガスを供給する 2 本のガス供給通路 76、78 が設けられる。この場合、チャック側伝熱空間 74 におけるガス拡散速度が遅いので、例えば一方のガス供給通路 76 は、静電チャック 46 の中心側に供給するために用い、他方のガス供給通路 78 は静電チャック 46 の周辺側に供給するために用いる。尚、チャック側伝熱空間 74 へのガス供給の態様は、これに限定されない。  
20

次に、耐熱性メタルシール部材 66A、66B、68A、68B の構造について図 3A 乃至 3E を参照しながら説明する。シール部材 66A、66B、68A、68B の各々の構造は同じなので、シール部材 66A を例にとって説明する。  
25

図 3A に示す耐熱性メタルシール部材 66A は、ステンレススチール、インコネル（商品名）、ハステロイ（商品名）等の金属よりなる厚さが 0.1 ～ 1.0

mm程度の薄い耐熱性金属膜79を断面円形のリング状に成形して構成されている。この断面の直径L1は3~4mm程度であり、押圧力に対して弾力性を持たせている。

図3Bに示す耐熱性メタルシール部材66A-1は、図3Aに示す耐熱性金属膜79の断面形状の側面の一部に切り欠き80を設けたものである。切り欠き80は、リング状のシール部材66A-1の周方向に沿って形成されており、シール部材66A-1に弾性を与えている。

図3Cに示す耐熱性メタルシール部材66A-2は、図3Bに示したような断面形状の耐熱性金属膜79の内部の空間部に、ばね用ステンレス鋼等よりなるコイル状もしくは板バネ状のスプリング部材82を挿入したものである。スプリング部材28により押圧された時の弾発力を高めてシール性を向上させるようになっている。

図3Dに示す耐熱性メタルシール部材66A-3は、図3Aに示す断面円形の耐熱性金属膜79の内部に、プロセス温度よりも低い温度で熔融する低融点材料84を封入して表面のならい性を良好にしている。この低融点材料84としては例えば略156.4℃の融点を有するインジウムや略150度の融点を有するハンダ等を用いることができる。この場合、金属膜79の厚さは、弾力性よりもならい性を重視するために非常に薄くしており、例えば1.0μm~500μm程度の厚さに設定される。

図3Eに示す耐熱性メタルシール部材66A-4は、図3Bに示すような一部に切り欠き80を設けたような断面形状の耐熱性金属膜79に更に、内側へ屈曲させた凸部86を設けており、弾力性を高めてシール性を向上するようにしたものである。耐熱性メタルシール部材66A~68Bとしては、上述した構造のいずれを用いることとしてもよい。

次に、図4を参照して電極側伝熱空間62、64及びチャック側伝熱空間74への伝熱ガスの供給系について説明する。図4に示すように、各電極側伝熱空間62、64及びチャック側伝熱空間74へ連通される各ガス供給通路70、72、76、78には、それぞれマスフローコントローラのような流量制御機器88A

～88Dが設けられている。各ガス供給通路70、72、76、78は、伝熱ガス源であるN<sub>2</sub>ガス源90、92に接続されており、それぞれ電極側伝熱ガス供給手段94とチャック側伝熱ガス供給手段96を構成している。尚、N<sub>2</sub>ガス源90、92は共用してもよい。

- 5       そして、各流量制御機器88A～88Dは、各伝熱空間62、64、74に設けられる耐熱圧力センサ98A～98Dの検出値に基づいて、制御部100により制御される。具体的には、各ガス供給通路70、72、76、78のガス出口70A、72A、76A、78Aの近傍に上記各耐熱圧力センサ98A～98Dが設けられており、対応する空間部分の圧力を検出するようになっている。尚、
- 10       図4中の66C～66Gは上述したと同様な構造の耐熱性メタルシール部材であり、各ガス供給通路をシールしている。ここで上記各耐熱圧力センサ98A～98Dは、全て同様な構造となっており、このセンサ構造をセンサ98Aを例にとって図5を参照しながら説明する。

- 15       図5に示すように、耐熱圧力センサ98Aが取り付けられるベースとして下側絶縁体42の表面に凹部102が形成される。凹部102の開口部分を屈曲可能なセラミック板、或いは金属板よりなるベース板104により覆い、ろう材106等により気密に接合する。この際、凹部102内を所定の圧力（例えば大気圧程度）としておく。ベース板104の表面には、予め、例えばニッケルとクロムの合金等よりなる抵抗パターン108が、ベース板104に対して絶縁状態（ベ
- 20       ースが金属の場合）で形成されており、ベース板104の屈曲変形（図中、一点鎖線で示す）に従って、この抵抗パターン108も伸縮して抵抗変化が生ずるようになっている。そして、この伸縮に伴う微少な抵抗変化をリード線110を介して制御部100にて電氣的に検出するようになっている。この微少な抵抗変化は、例えばホイートストンブリッジ回路を用いて検出すればよい。尚、この場
- 25       合、制御部100には、図示しない温度補償回路を設けて、温度変化に伴って発生する抵抗パターン108の抵抗変化をキャンセルするようになっている。また、耐熱圧力センサ98Aの構成は、本発明装置のプロセス温度に耐え得るならば、上述したような構成に限定されない。

次に、図 2 に戻って、上部の電極構造 30 について説明する。この上部電極構造 30 の基本的構造は、上述した下部の電極構造 28 と同じである。すなわち、この上部の電極構造 30 は、上側電極部 110 と、上側電極部 110 の上方に配置される冷却ブロック 112 と、上側電極部 110 と冷却ブロック 112 との間に介在されて両者を電氣的に絶縁する上側絶縁体 114 とにより主に構成されている。具体的には、上側電極部 110 は、アルミニウムにより形成されている。上側電極部 110 の中には、先に説明した下側電極部 38 内の加熱ヒータ部 44 と同じ構造の渦巻状或いは同心円状に巻回された加熱ヒータ部 116 が埋め込まれている。そして、この上側電極部 114 の上方に延びる導電性の支柱 118 は、容器天井部を貫通して延在している。支柱 118 には、リード線 120 を介してマッチング回路 122 及びプラズマ発生用の高周波電圧を印加するプラズマ発生用高周波電源 124 が接続されており、処理空間にプラズマを発生させる構成となっている。

冷却ブロック 112 は、下側電極部 38 と同様にアルミニウムにより構成されている。冷却ブロック 112 の内部には冷媒を流すための中空リング状の冷却ジャケット 126 が形成されている。そして、この冷却ジャケット 126 に冷媒を流すことにより、上記上側電極部 110 を冷却してこれを一定温度、例えば下側電極部 38 と同じ温度に保つようになっている。実際には、この冷却ジャケット 126 と加熱ヒータ部 116 とを選択的に、或いは同時に駆動することにより、上部電極温度を適正值になるように制御している。このように、上側電極部 110 の温度制御を行なう理由は、上側電極部 110 が昇温してウエハまたは下側電極部 38 より高温になると、両者間で熱輻射が起こり、熱変動の原因となるからである。

また、上側電極部 110 と冷却ブロック 112 との間に介在される上側絶縁体 114 は厚さが 20 mm 程度のリング状の石英ガラスよりなる。上側絶縁体 114 は、上記上側電極部 110 より上方へ延びる支柱 118 の外周も被っており、この支柱 118 も絶縁している。

上側電極部 110 と上側絶縁体 114 及び上側絶縁体 114 と冷却ブロック 1

12は共に上下に接合されるが、これらの間にそれぞれ僅かな間隙の空間、すな  
わち上側電極側伝熱空間（上側空間）128と下側電極側伝熱空間（下側空間）  
130が形成される。そのために、下部の電極構造28の場合と同様に、リング  
状の両伝熱空間128、130の内周側及び外周側には、それぞれリング状に耐  
5 熱性メタルシール部材132A、132B、134A、134Bが介在されてお  
り、両伝熱空間128、130の気密性を高く維持している。更に、両伝熱空間  
128、130には、それぞれガス供給通路136、138が接続されており、  
以下に説明するように圧力制御されたAr、He、N<sub>2</sub>等の不活性ガスより成る  
伝熱ガス、例えばN<sub>2</sub>ガスを供給できるようになっている。すなわち、図6に示  
10 すように、各電極側伝熱空間128、130へ連通される各ガス供給通路136、  
138には、それぞれマスフローコントローラのような流量制御機器88E、8  
8Fが設けられて伝熱ガス源であるN<sub>2</sub>ガス源140に接続されており、電極側  
伝熱ガス供給手段142を構成している。

そして、各流量制御機器88E、88Fは、各伝熱空間128、130に設け  
15 られる耐熱圧力センサ98E、98Fの検出値に基づいて、制御部144により  
制御される。尚、この制御部144は先の制御部100と共用してもよい。具体  
的には、各ガス供給通路136、138のガス出口136A、138Aの近傍に  
上記各耐熱圧力センサ98E、98Fは設けられており、対応する空間部分の圧  
力を検出するようになっている。これらの各センサ98E、98Fの構成は、先  
20 に図5において説明したと構成と同様である。

次に、以上のように構成されたプラズマ処理装置の動作について説明する。

まず、下部の電極構造28を、所定の搬出搬入位置まで下方へ降下させた状態  
で、開放状態とされているゲートバルブ32を介して半導体ウエハWを処理容器  
26内へ搬入する。そして、ウエハWを載置台を兼ねるプリヒートされた下側電  
25 極部38の上面に載置し、静電チャック46によりウエハWを吸着保持する。こ  
こで下部電極部38や上部電極部110は、スルーブットを向上させるために、  
予め約350～500℃に予備加熱されている。

そして、この状態で下部の電極構造28を所定のプロセス位置まで上昇させる。

これと同時に、下側電極部 3 8 の加熱ヒータ部 4 4 及び上側電極部 1 1 0 の加熱ヒータ部 1 1 6 への供給電力を大きくして、ウエハ W を所定のプロセス温度、例えば 5 0 0 ℃ 程度まで昇温する。尚、予めプロセス温度まで加熱されている場合は、昇温は不要である。そして、ガスノズル 3 4 から所定の成膜ガス、例えば S i H<sub>4</sub>、S i F<sub>4</sub>、O<sub>2</sub> 等を処理空間に供給する。そして、真空ポンプ(図示せず)を駆動して処理容器 2 6 内の雰囲気気を、排気口 3 6 から真空引きして処理容器 2 6 内の圧力を所定のプロセス圧力に維持する。

そして、プラズマ発生用高周波電源 1 2 4 から例えば 1 3 . 5 6 M H z のプラズマ発生用の高周波電圧を上側電極部 1 1 0 に印加する。これと同時に、バイアス用高周波電源 5 6 から下側電極部 3 8 にバイアス用の高周波電圧を印加する。これにより、処理空間には、プラズマが生成され、成膜ガスは活性化されて、ウエハ W の表面に例えば S i O F 等の所定の膜が生成される。

このようにして、プラズマ処理が開始されると、このプラズマ自体によってウエハ W 及び上側電極部 1 1 0 が次第に加熱される。ウエハ W の過熱を防止するため、各冷却ブロック 4 0 及び 1 1 2 に設けた冷却ジャケット 5 8、1 2 6 に冷媒を流し、これら冷却ジャケット 5 8、1 2 6 と加熱ヒータ部 4 4、1 1 6 を適正に制御してウエハ W の温度がプロセス温度に維持されるようにコントロールする。尚、冷却ジャケット 5 8、1 2 6 の冷媒としては、水或いはガルデン(商品名)等を用いることができる。

このような状況下において、ウエハ W の温度コントロール性を維持するために、上記各伝熱空間 6 2、6 4、7 4、1 2 8、1 3 0 に対応する各ガス供給手段から伝熱ガスとして A r ガスが供給され、この伝熱空間内を例えば 1 0 ~ 2 0 T o r r 程度の一定の圧力に維持するようになっている。

ここで、各伝熱空間をシールするために、図 3 A 乃至 E に示されたような構造の耐熱性メタルシール部材 6 6 A、6 6 B、6 8 A、6 8 B、1 3 2 A、1 3 2 B、1 3 4 A、1 3 4 B を用いているので、プロセス温度が 5 0 0 ℃ 程度まで上昇してもシール性を高く維持して処理容器 2 6 内へ漏れ出る伝熱ガスを抑制することができる。従って、伝熱ガスをそれ程消費することなく高い伝熱効率を維持



しながらウエハWの温度コントロールを精度良く行なうことができる。また、各伝熱空間62、64、74、128、130には、500℃程度の高温にも耐え得るような図5に示したような構成の耐熱圧力センサ98A～98Fが設けられている。耐熱圧力センサ98A～98Fは伝熱空間の圧力を検出し、これが所定の一定値を維持するように伝熱ガスの流量を制御しているので、高い精度でガス圧力をコントロールすることができる。特に、上述のように、圧力制御の対象となる各伝熱空間の圧力を各センサにより直接検出するようになっているので、ガス供給系途中のガス圧を検出して圧力制御した従来方法とは異なり、応答の速い、且つより精度の高い圧力制御を行なうことができる。

10 特に、静電チャック46の表面のウエハWに位置ずれが生じたり、ゴミを挟み込んだりしてウエハWが適正に載置されていない場合には、伝熱ガスを供給してもこの部分のチャック側伝熱空間74の圧力は迅速には所定の値まで上昇しない。これにより、この現象を応答速度の速い上記センサ98C（或いは98D）ならば直ちに検出して、ウエハWの載置不良等を認識判別することができる。

15 また、下側絶縁体42或いは上側絶縁体114を設けたことにより、各冷却ジャケット58及び126に流れる冷媒として絶縁性の高くない冷媒（例えば水）を用いる場合でも、この冷媒を介して外部（冷媒の循環器等）に高周波電流が漏れることを防止し、高周波電力をプラズマ生成のために効率良く使用することができる。

20 次に、下側絶縁体42及び上側絶縁体114の材質について図7及び図8を参照しながら説明する。

図7は絶縁体が反った状態を説明するための説明図、図8は絶縁体の熱伝導度と反り量（変形量）との関係を示すグラフである。

25 図2に示す実施例では絶縁体42、114として単なる石英ガラスを用いている。石英ガラスは熱伝導度が低いので、例えば下側絶縁体42を例にとるとその上面が高温の下側電極部38と接して下面が冷却ブロック40に接することから上面と下面との間で大きな温度差が生じる。この結果、例えば温度差がない時には、図7-(A)に示すように下側絶縁体42は平坦である。しかし、図7-(B)

に示すように、例えば上面が200℃、下面が50℃のように150℃程度の温度差が生ずると、下側絶縁体42は上下面の熱膨張差によって、この場合には下方向へ曲がって反りが生じてしてしまう。この時の反り量は、この絶縁体42を構成する材料の熱伝導率、熱膨張係数、寸法形状等によって決まる。このような

5 反り量が大きいと、上下の両面が上側電極部38や冷却ブロック40と均等に当接せずに偏当たりするようになり、この結果、下側電極部38から熱がその面内均一に脱熱されなくなり、ウエハ温度に偏りが生じてウエハ温度の面内均一性が劣化する傾向となってしまう。

そこで、本実施例では下側絶縁体42として、熱伝導度が良好なものを用いている。すなわち、本実施例で許容される反り量 $\Delta L$ を例えば15 $\mu\text{m}$ に設定すると、熱伝導度が80W/mK（メートルケルビン）以上の材料を用いる。このような材料としては、絶縁性がある、熱伝導度が80W/mK以上ならば、どのような材料でもよいが、例えばセラミック材である窒化アルミニウム（AlN）を用いることができる。

10

図8は絶縁体の熱伝導度と反り量との関係を示すグラフである。図8のグラフから、熱伝導度が80W/mK以上ならば反り量は許容量の15 $\mu\text{m}$ 以下となることが判明する。この時の実験条件は、絶縁体の直径は230mm、厚さは12mm、上面からの入熱は1500Wであった。また、絶縁体の特性に関しては、ヤング率が300Gpa、ポアソン比が0.33、熱膨張係数が $5.0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ であった。このように、熱伝導度が高い材料で絶縁体42を形成することにより、上下面間の温度差が少なくなり、結果的にその反り変形量を抑制することが可能となる。この結果、この絶縁体42が上下の部材と偏当たりしなくなるので、ウエハ温度の面内均一性を高く維持することが可能となる。

15

このような現象は、下側絶縁体42のみならず、上側絶縁体114にも当てはまるので（反り方向は上述とは逆方向となる）、上側絶縁体114も熱伝導度が80W/mK以上の窒化アルミニウムで構成するのが好ましい。

20

次に、下側絶縁体42及び上側絶縁体114の面構造について、図9A乃至9D及び図10を参照しながら説明する。

図2、図4及び図6においては、理解を容易にするために、各伝熱空間62、64、128、130の幅を実際より大きく示している。実際には各シール部材は凹部状の溝内に設置されている。また、構造物は高さ方向に高い圧力で締め付け固定されているので、上記各伝熱空間の隙間はほとんど生じないが、ミクロ的に見れば、これらの各伝熱空間を区画する各部材の接合面は、不規則な多数の点接触状態となり、その隙間を不規則な経路に沿って伝熱ガスが流れることになる。そのため、上下方向における伝熱効率が場所によって異なるので、ウエハ温度の面内均一性が劣化する傾向となる。

そこで、この実施例では、各伝熱空間62、64、128、130を画成するように上下に接合される接合面に伝熱ガスが流れるガス溝を面内に略均一に設けている。そして、その両接合面が接する接触率を例えば40～80%の範囲内に設定するようにしている。すなわち、例えば下側絶縁体42の上面或いは下面、またはその双方に面内全体に亘ってメッシュ状、或いは格子状に所定の幅のガス溝200（図9A乃至9D参照）を刻んで形成する。したがって、伝熱ガスはこのガス溝200に沿って流れるので、絶縁体42の全面に亘って略均等に伝熱ガスが行き亘ることになる。この結果、絶縁体の略全面において上下方向の伝熱効率が均一となり、ウエハの温度分布の均一性を改善することが可能となる。この場合、接触率が過度に小さくなると、上下方向における熱抵抗が大きくなり過ぎて、ウエハの温度コントロール性が劣化するので、その接触率の下限は上述のように40%程度である。

ここで、最適な接触率を実験で求めたので、その結果について図9A乃至9D及び図10を参照して説明する。図9A乃至9Dは種々の幅のガス溝を部材の接合面に設けた時の各種の接触率を示す図である。図10は接触率に対する熱抵抗と温度分布のばらつきとの関係を示すグラフである。ここで接触率とは絶縁体の表面にガス溝を形成した時のガス溝の形成面積に対する残りの面積の比を表す。図9A乃至9Dにおいては、ガス溝200が形成され絶縁体42の表面の一部が示されており、正方形の部分が接触面となっている。ここで接触面202の一辺とガス溝200の幅の比が7:1の時は、接触率は77%（図8（A）参照）と

なる。上記比が2:1の時は、接触率は44% (図8 (B) 参照) となる。また、上記比が1:2の時は接触率は11% (図8 (C) 参照) となる。さらに、上記比が1:5の時は接触率は2.7% (図8 (D) 参照) となる。尚、ガス溝200を何ら設けない時は、接触率は100%である。

- 5 以上のようにして定まる接触率を種々変更して熱抵抗とウエハ面内の温度分布のばらつき $\Delta T$ を調べた結果が図9に示されている。尚、温度分布のばらつきは、ウエハ面内の温度の最高値と最小値の差をとっている。

- ここで、プロセスの種類にもよるが、一般的な熱処理では温度分布のばらつきは30℃以内であることが要求される。また、熱抵抗が過度に大きいと、電極からの脱熱（冷却）が円滑に行なわれなくなるので、加熱ヒータのパワーや冷却ブロックの冷媒流量等を制御してもその反応が鈍くなり、ウエハの温度コントロール性が劣化してしまうので、その上限は0.1 K/W程度である。従って、両者を満足するには、接触率を40~80%の範囲内に設定する必要があることが判明した。

- 15 このように、本実施例よれば、熱抵抗を過度に高くすることなく伝熱ガスを面内方向に略均一に流すことができるので、ウエハの面内温度分布の均一性を更に改善することが可能となる。

- 尚、上記ガス溝200は、下側絶縁体42の上面、下面、上側絶縁体114の上面、下面のみならず、これらの各面と対向接触する電極部の面や冷却ブロックの面にも適用できるのは勿論である。

次に、下側絶縁体42及び上側絶縁体114の表面粗さRaを規定した例について図11乃至図13を参照しながら説明する。

- 図2における各伝熱空間62、64、128、130を画成する各部材の表面粗さは、両部材間の実際の接触面積や両部材間の実際の距離に影響を与えるので、これによって、両部材間の伝熱効率、すなわち熱抵抗も影響を受ける。図11はその一例として下側電極部38の下面と下側絶縁体42の上面との間に形成される伝熱空間62の一部をミクロ的に拡大した模式図を示している。図11に示すように、表面粗さに依存して、両部材間の実際の接触面積や実際の距離が変化す

ることがわかる。

- 下側電極部 3 8 の下面と下側絶縁体 4 2 の上面との間に形成される伝熱空間 6 2 が大きいと、下側電極部 3 8 の下面と下側絶縁体 4 2 の上面との間の熱抵抗も大きくなる。熱抵抗が大きくなると、電極部 3 8 からの脱熱（冷却）が円滑に行われなくなり、ウエハ温度のコントロール性が低下する恐れがある。

- これを図 1 2 を参照して説明する。図 1 2 は図 2 に示す電極構造 2 8 を模式的に示した図である。図 1 2 において、プラズマ等によりウエハ W には  $Q_w$  の熱量が入り、また、加熱ヒータ部 4 4 からは最大  $P_w$  の熱量を投入できるものとする。そして、冷却ブロック 4 0 では熱量  $X_w$  の脱熱（冷却）を行なっているものと仮定する。ここで、絶縁体 4 2 の上下の境界部分（伝熱空間）における熱抵抗が大きいと、脱熱の熱量  $X_w$  を大きく取れなくなることから電極部 3 8 に大きな熱量が貯まってくる。したがって、加熱ヒータ部 4 4 の出力パワーを抑制しなければならず、このため、ウエハ W を適正なプロセス温度に維持するための温度コントロール性が劣化してしまう。

- そこで、本実施例では、絶縁体 4 2 の上下の境界部分の表面粗さ  $R_a$  を  $2.0 \mu\text{m}$  以下に設定することにより、熱抵抗を  $0.1 \text{ K/W}$  以下になるように設定している。このように、熱抵抗が  $0.1 \text{ K/W}$  よりも小さくなると、図 1 1 において脱熱のための熱量  $X_w$  を大きくすることができるので、その分、加熱ヒータ部 4 4 に大きな電力を投入でき、従って、ウエハ温度をコントロール性良く制御することが可能となる。

- ここで、図 1 3 を参照して熱抵抗及び表面粗さの各上限値について説明する。図 1 3 は絶縁体の表面粗さ  $R_a$  と熱抵抗との関係を示すグラフである。このグラフから明らかなように、表面粗さ  $R_a$  が大きくなる程、熱抵抗も大きくなっている。従来の電極構造では、加熱ヒータ部 4 4 のパワーや冷却ブロック 4 0 の冷却量を考慮すると、脱熱の熱量は少なくとも  $5 \text{ W (ワット) / cm}^2$  以上必要であり、この時の熱抵抗は略  $0.1 \text{ K/W}$  である。従って、表面粗さ  $R_a$  は、グラフより略  $2.0 \mu\text{m}$  以下に設定すればよいことがわかる。

上記絶縁体 4 2 の表面粗さ  $R_a$  については、上部の電極構造 3 0 の上側絶縁体

1 1 4 (図 2 参照) についても同様に適用できるのは勿論である。

次に、耐熱性メタルシール部材のシール性向上のための変形例について、図 1 4 乃至図 1 6 を参照して説明する。

5 一般に、絶縁体や電極部や冷却ブロックの表面は、相互間の接触性を良好にするためにラップ加熱等により鏡面仕上げされて高い平滑状態となっている。図 1 4 は鏡面仕上げされた電極部の下面と絶縁体の上面とを模式的に示しており、両面の凹凸は非常に少なくなっている。しかしながら、石英ガラスやセラミック材よりなる絶縁体 4 2 の表面には、鏡面加工時に脱粒が発生して微小な切れ込み 2 0 4 が生ずる場合がある。この切れ込み 2 0 4 はアルミニウム製の電極部 3 8 側  
10 に発生する場合もある。

そして、このような脱粒による切れ込み 2 0 4 が発生すると、耐熱性メタルシール部材 6 6 A を介在させていても、この切れ込み 2 0 4 がリークパスとなってここより伝熱ガスが漏れ出てしまう場合がある。

そこで、本実施例では、耐熱性メタルシール部材の表面、或いは耐熱性メタル部材が当接する部材の表面に、ウエハのプロセス温度の近傍にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属膜、或いは軟化金属層を形成している。  
15

図 1 5 A は耐熱性メタルシール部材 6 6 A の表面に軟化金属膜 2 0 6 を形成した状態を示し、図 1 5 B は軟化金属膜 2 0 6 が軟化した状態を示す。また、図 1 6 A は耐熱性メタルシール部材 6 6 A が当接する部材の表面に、すなわち、ここ  
20 では電極部 3 8 の下面及び絶縁体 4 2 の表面に軟化金属層 2 0 8 をそれぞれ形成した状態を示し、図 1 6 B は軟化金属層 2 0 8 が軟化した状態を示している。軟化金属層 2 0 8 は、シール部材 6 6 A に沿ってリング状に形成されていることになる。この軟化金属膜 2 0 6 及び軟化金属層 2 0 8 は、図 3 D を参照して説明したように、インジウムを用いることができるが、これに限定されるものではない。

25 このように、軟化金属膜 2 0 6 或いは軟化金属層 2 0 8 を用いることにより、ウエハのプロセス中にこの材料が軟化して上記切れ込み 2 0 4 に進入してこれを埋め込むことができる (図 1 4 (B) 及び図 1 5 (B) 参照)。これにより、リークパスがなくなり、伝熱ガスが外部に漏れ出ることを防止することが可能とな

る。

図15においては、軟化金属層208、208をシール部材66Bが当接する上下両面に設けているが、切れ込み204が発生する頻度が高い絶縁体42側のみに設けるようにしてもよい。また、図14に示す構造と、図15に示す構造と

5 を組み合わせて用いるようにしてもよい。

次に、耐熱性メタルシール部材のフッ化ガスに対する耐腐食性を向上するための変形例について図17A及び17Bを参照しながら説明する。

この種の処理装置では、プロセス時、エッチング時或いはクリーニング時に、腐食性の強いフッ素系ガスを用いて処理を行なう場合がある。このような場合、

10 フッ素系ガスが耐熱性メタルシール部材に接触すると、これを腐食させるおそれがある。

そこで、本実施例ではこの腐食を防止するために、図17A及び17Bに示すように耐熱性メタルシール部材の表面に、フッ素系ガスに対して耐腐食性の高いフッ化不動体膜210を形成している。図17Aに示す耐熱性メタルシール部材

15 では、断面円形の耐熱性メタルシール部材66A（図3Aと同じもの）の表面全体にフッ化不動体膜210を形成している。また、図17Bに示す耐熱性メタルシール部材は、一部が開放された断面円弧状の耐熱性メタルシール部材66A-1

（図3Bと同じもの）であり、表側の表面と裏側の表面全体に、すなわち、フッ素系ガスと接触する可能性のある露出面全体に対してフッ化不動体膜210を形

20 成している。先の図3C～図3Eに示すシール部材66A-2、66A-3、66A-4の場合にも外側の表面のみならず、内側の表面全体にフッ化不動体膜210を形成する。

これにより、このメタルシール部材66Aがフッ素系ガスにより腐食されることが防止され、この耐腐食性を向上することができる。尚、このフッ化不動体膜

25 210の形成については、他の全てのメタルシール部材66B、132A、132B（図2参照）にも適用できるの。

次に、電極部38を支える支柱48の部分を改良してウエハ温度の面内均一性を向上させるための変形例について図18乃至図20を参照しながら説明する。

図2に示すように下側電極部38を支持する直径4~5cm程度の支柱48は内部が中空となっており、この内部は大気開放されていてもよく、或いは密閉状態とされていてもよい。いずれにしても、支柱48が接続される下側電極部38の中心部近傍は、冷却ブロック40が直下に位置していないので脱熱性が劣る。

- 5 このため、下側電極部38の中心部近傍の温度は、その周辺部と比較して少し高目になる傾向となり、ウエハ温度の面内均一性を劣化させる原因となっている。

そこで、本実施例では、この部分の脱熱を促進させるための気体ブLOW手段を設けている。図18は支柱内に気体ブLOW手段を設けた状態を示す図である。図19は半導体ウエハの面内温度分布を示すグラフである。

- 10 図18に示すように、下側電極部38の中心部を支持する中空状の支柱48には、その下方より気体ブLOW手段220として気体噴射ノズル222が挿入されている。気体噴射ノズル222の上端の噴射口224は、電極部38の下面の直下、1cm程度の所に位置されており、電極部38の裏面中心部に、室温程度のN<sub>2</sub>ガスや空気などの気体を噴射して、この部分の脱熱(冷却)を促進させるようになっている。この噴射された気体は、支柱48の下端の排気ポート226より排出されるようになっている。この噴射ガスの温度は、予めある程度冷却しておいて脱熱効率を向上させるようにしてもよいが、過度に脱熱効率を上げると、電極部38の中心部の温度が低くなり過ぎて好ましくない。

- 図19は冷却ブLOW手段の効果を示すグラフであり、冷却ブLOW手段なしの場合と、冷却ブLOW手段ありの場合(20リットル/minと40リットル/min)とを示している。ここで、冷却ブLOW手段は室温のN<sub>2</sub>ガスを噴射している。図19示すグラフから明らかなように、冷却ブLOW手段なしの場合は、ウエハ中心の温度は高く、周辺部が低くなる。この場合、ウエハ面内の温度差 $\Delta T$ は24℃程度にも達していて大きな温度差となる。

- 25 また、冷却ブLOWありで気体を40リットル/minの流量を噴射している場合には、逆に脱熱が促進され過ぎてしまってウエハ中心部の温度が低くなる。この場合にも、ウエハ面内の温度差 $\Delta T$ は24℃程度にも達していて大きな温度差となる。



これに対して、冷却ブロウ手段ありで気体を20リットル/minの流量を噴射している場合には、ウエハ中心部の温度は適宜に下がる。したがって、ウエハ面内の温度差 $\Delta T$ は15℃程度まで小さくなり、ウエハ面内の温度の均一性が良好な結果を示すことがわかった。

- 5      このように、下側電極部38の下面中心部に気体ブロウを吹き付けてこの部分の脱熱を促進させることにより、ウエハ面内の温度均一性を大幅に向上させることが可能となる。

- 10      また、上記実施例では、気体ブロウ手段220を設けて下側電極部38の中心部の脱熱を促進したが、これに代えて、或いはこれと併用して、図20に示すように、支柱48と冷却ブロック40との間に、例えばアルミニウム等の熱伝導性部材230を介在させて両者を接合するようにしてもよい。尚、232はリング等のシール部材であり、処理容器内の気密性を維持している。

- 15      これによれば、下側電極部38の熱がこの支柱48及び熱伝導性部材230を介して冷却ブロック40に伝達される。これにより、図18で説明した場合と同様に、下側電極部38の中心部近傍の脱熱性を高めて、ウエハ温度の面内均一性を高めることが可能となる。

- 20      尚、上記実施例においては、各伝熱空間をシールするために、図3A乃至3Dに示すような耐熱性メタルシール部材を用いたが、これに限定されず、この伝熱空間自体をラビリンス構造として伝熱ガスが容易に逃げないような構造としてもよい。

- 25      この点について、下側電極部38と下側絶縁体42との接合部を例にとって説明する。図21及び図22A及び22Bに示すように下側絶縁体42の下面に、所定のピッチ、例えば数mm程度のピッチで、螺旋状或いは同心円状（図21に示す場合は同心円状）に幅2mmの微少な溝部150を形成する。そして、下側絶縁体42と対向する下側絶縁体42の上面にも、上記凹凸状の溝部150に対応してこれに嵌め込むように凹凸状に微少な溝部152を形成する。そして、これらの表面の溝部150、152を図22Aに示すように互いに嵌め込むことにより、ラビリンス状のラビリンス伝熱空間154を形成する。この場合には、耐

熱性メタルシール部材を用いることなく、このラビリンス伝熱空間 154 に伝熱ガスはある程度封止することができる。

また、図 22B に示すように、いずれか一方の面、図示例では下側電極部 38 のみに溝部 150 を形成し、これに対向する他方の面は、平坦な状態としてもよい。この場合に形成されるラビリンス伝熱空間 154 は、図 22A に示す程のシール性を与えることはできないが、この場合にも伝熱ガスはある程度封止することができる。

また、上記実施例では、各加熱ヒータ部 44、116 をシースヒータで形成したが、これを他のヒータ、例えば抵抗金属をセラミックス内にパターン形成してなるセラミックスヒータ等で構成してもよい。また、ヒータ部 44、116 を連続する一体物として構成するのではなく、図 23 に示すように、例えば中心側ヒータ部 44A と外周側ヒータ部 44B とに 2 分割してゾーン毎に個別に温度制御できるようにしてもよい。また、セラミックスヒータの場合には、パターン幅を同心円状或いは渦巻状の途中で大きく、或いは小さくすることによりゾーン毎の発熱量の制御と同様なコントロールを行なうことができる。

更には、本実施例においては、各電極部 38、110 と冷却ブロック 40、112 との間にそれぞれ絶縁体 42、114 を設けたが、この絶縁体 42、114 を設けなくて、各電極部 38、110 とそれぞれの冷却ブロック 40、112 とを直接接合させるようにしてもよい。この場合にも、両接合境界に同様な微少な伝熱空間が発生することになる。尚、この場合には、各電極構造と処理容器 26 との絶縁は、別の箇所で行なう。

また、上記実施例ではプラズマ CVD 処理を例にとって説明したが、プラズマエッチング処理、プラズマスパッタ処理、プラズマアッシング処理及びプラズマを用いない熱 CVD 等にも適用することができる。プラズマを用いない熱 CVD 処理装置に本発明を適用した一例である処理装置が図 24 に示されている。尚、図 24 中、図 2 に示す部分と同一構造の部分には同一符号を付してある。

ここでは、図 2 のガスノズル 34 に代えて、成膜ガス等の処理ガスを処理容器 26 内へ供給するシャワーヘッド部 150 を設けてあり、図 2 中の下部の電極構

造 28 に代えて載置台構造 162 が設けられている。この載置台構造 162 は、  
図 2 中の下側電極部 38 と同じ構造の載置台 164 と冷却ブロック 40 とよりな  
る。載置台 164 と冷却ブロック 40 の間の伝熱空間 62 に耐熱性メタルシール  
部材 66A、66B を介在させている。高周波電源を用いていないので、図 2 に  
5 おいて設けられていた下側絶縁体 42 は不要である。この場合にも、図 2 に示し  
た装置と同様な作用効果を発揮することができ、例えば伝熱空間のシール性を高  
く維持して伝熱ガスをそれ程消費することなく被処理体の温度を精度良く制御す  
る等の効果を発揮することができる。

そして、この高周波電源を用いていない載置台構造 162 及び上記ラビリンス  
10 伝熱空間 154 を用いた載置台構造にも、先に図 7 乃至図 20 を参照して説明し  
た各態様の実施例を適用できるのは勿論である。

更に、ここでは被処理体として半導体ウエハを例にとって説明したが、本発明  
はこれに限定されず、LCD 基板、ガラス基板等にも本発明を適用することがで  
きる。

15 以上説明したように、本発明による電極構造、載置台構造、プラズマ処理装置  
及び処理装置によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。

本発明の電極構造によれば、200℃以上、例えば 350～500℃程度の高  
温域においても、伝熱空間のシール性を高く維持して、伝熱ガスをそれ程消費す  
ることなく被処理体の温度を精度良く制御することができる。

20 特に、耐熱圧力センサを用いて制御対象の伝熱空間やラビリンス伝熱空間の圧  
力を直接測定するようにした場合には、迅速に且つより精度の高い圧力制御を行  
なうことができる。

また、本発明の載置台構造によれば、200℃以上、例えば 350～500℃  
程度の高温域においても、伝熱空間のシール性を高く維持して、伝熱ガスをそれ  
25 程消費することなく被処理体の温度を精度良く制御することができる。

特に、耐熱圧力センサを用いて制御対象の伝熱空間やラビリンス伝熱空間の圧  
力を直接測定するようにした場合には、迅速に且つより精度の高い圧力制御を行  
なうことができる。

また、本発明によれば、絶縁体の熱伝導度を80 W/mK以上に設定することにより、この変形反り量を抑制して被処理体の温度分布の面内均一性を改善することができる。

5      また、本発明によれば、伝熱空間を区画する接合面の接触率を40～80%の範囲内に設定することにより、熱抵抗を過度に高くすることなく伝熱ガスを面内に略均一に流すことができるので、被処理体の温度分布の面内均一性を改善することができる。

10      また、本発明によれば、伝熱空間を区画する部材の表面粗さを2.0 μm以下に設定することにより、熱伝導性を向上させることができ、被処理体の温度コントロール性を向上させることができる。

また、本実施例によれば、耐熱性メタルシール部材の表面、或いはこれが接触する部材の表面にプロセス温度近傍で軟化する軟化金属膜、或いは軟化金属層を形成することにより、接触面に存在する脱粒等による切れ込みがプロセス時に埋め込まれ、伝熱ガスが逃げるリークパスが発生することを防止することができる。

15      また、本発明によれば、耐熱性メタルシール部材の表面にフッ化不動体膜を形成することにより、このフッ素系ガスに対する耐腐食性を高めることができる。

20      また、本発明によれば、電極部或いは載置台を支える中空状の支柱内から電極部或いは載置台の裏面中心部に気体ブロワを吹き付けることにより、この部分の脱熱を促進させることができ、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることができる。

更に、本発明のプラズマ処理装置によれば、高温域においても、被処理体の温度を精度良く制御してプラズマ処理を行なうことができる。

また、本発明の処理装置によれば、高温域においても、被処理体の温度を精度良く制御して処理を行なうことができる。

25      本発明は具体的に開示された上述の実施例に限定されるものではなく、本発明の範囲を逸脱すること無く様々な改良例及び変形例がなされるであろう。

## 請求の範囲

1. 真空引き可能になされた処理容器（26）内でプラズマを用いて被処理体（W）に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、
- 5 加熱ヒータ部（44；116）を内部に有する電極部（38；110）と、  
この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケット（58；126）を有する冷却ブロック（40；112）と、  
前記電極部と前記冷却ブロックとの間に形成された電極側伝熱空間（62，64；128，130）をシールするための耐熱性メタルシール部材（66A，66B，68A，68B；132A，132B，134A，134B）と、
- 10 前記電極側伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段（94；142）と  
を備えたことを特徴とする電極構造。
- 15
2. 真空引き可能になされた処理容器（26）内でプラズマを用いて被処理体（W）に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、
- 20 加熱ヒータ部（44；116）を内部に有する電極部（38；110）と、  
この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケット（58；126）を有する冷却ブロック（40；112）と、  
前記電極部と前記冷却ブロックとの接合対向面のうちの少なくとも一方に同心円状或いは螺旋状に設けられた溝部（150）により形成されたラビリンス伝熱空間（154）と、
- 25 前記ラビリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段（94；142）と  
を備えたことを特徴とする電極構造。

3. 前記電極部(38;110)と前記冷却ブロック(40;112)との間には絶縁体(42;114)が設けられており、前記伝熱空間(62,64;128,130)は、該絶縁体により上側空間(62,128)と下側空間(64,130)とに分割されていることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

4. 前記絶縁体(42;114)は、熱伝導度が80W/mK以上の材料よりなることを特徴とする請求の範囲第3項記載の電極構造。

5. 前記絶縁体は(42;114)、窒化アルミニウム(AlN)よりなることを特徴とする請求の範囲第4項記載の電極構造。

6. 前記伝熱空間(62,64;128,130;154)を画成するために接合される部材の接合面の接触率は、40~80%の範囲内に設定されていることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

7. 前記伝熱空間(62,64;128,130;154)を画成する部材の表面粗さは2.0μm以下であることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

8. 前記耐熱性メタルシール部材(66A,66B,68A,68B;132A,132B,134A,134B)は、内部に低融点材料(84)を封入した断面リング状の耐熱性金属膜(79)よりなることを特徴とする請求の範囲第1項記載の電極構造。

9. 前記耐熱性メタルシール部材(66A,66B,68A,68B;132A,132B,134A,134B)の表面には、前記被処理体(W)のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属膜(206)が被覆されてい

ることを特徴とする請求の範囲第1項記載の電極構造。

10. 前記耐熱性メタルシール部材(66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B)が当接する部材の表面には、前記被処理体(W)のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属層(208)が形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の電極構造。

11. 前記耐熱性メタルシール部材(66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B)の表面は、フッ素系ガスに対して耐腐食性を有するフッ化不動体膜(210)により被覆されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の電極構造。

12. 前記フッ化不動体膜(210)は、フッ化ニッケルよりなることを特徴とする請求の範囲第1項記載の電極構造。

13. 前記加熱ヒータ部(44; 116)は、セラミックヒータよりなることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

14. 前記加熱ヒータ部(44; 116)は同心円状にゾーン分割されており、分割されたゾーンは個々に制御可能であることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

15. 前記電極部(38; 110)は、前記被処理体(W)の上方に位置する上側電極部(110)であることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

16. 前記電極部(38; 110)は、前記被処理体(W)を載置する載置台を兼ねる下側電極部(38)であり、更に、この下側電極部の上面に接合され

て前記被処理体(W)を吸着する静電チャック(46)と、前記静電チャックと前記被処理体との間に形成されるチャック側伝熱空間(74)に伝熱ガスを供給するチャック側伝熱ガス供給手段(96)とを備えたことを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

5

17. 前記電極側伝熱空間(62, 64; 128, 130)、前記ラビリンス伝熱空間(154)及び前記チャック側伝熱空間(74)のうちの少なくとも1つの空間には、耐熱圧力センサが設けられており、この耐熱圧力センサの出力に基づいて前記対応する伝熱ガス供給手段のガス供給量を制御するように構成し

10 たことを特徴とする請求の範囲第16項記載の電極構造。

18. 前記電極部(38; 110)の中心は内部が中空状の支柱(48)により支持されており、前記支柱内には前記電極部の裏面中心部に向けて気体を吹き付けて脱熱を促進させる気体ブロワ手段(222)が設けられることを特徴と

15 する請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

19. 前記電極部(38; 110)の中心は支柱(48)により支持されており、この支柱は熱伝導性部材を介して前記冷却ブロック(40; 112)に接続されていることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

20

20. 真空引き可能になされた処理容器(26)内で被処理体(W)に対して所定の処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、

前記被処理体を加熱するための加熱ヒータ部(44)を内部に有する載置台(164)と、

25 この載置台に接合されて内部に前記載置台(164)を冷却する冷却ジャケット(58)を有する冷却ブロック(40)と、

前記載置台と前記冷却ブロックとの間に形成される伝熱空間(62)をシールするための耐熱性メタルシール部材(66A, 66B)と、



前記伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段（９４）と  
を備えたことを特徴とする載置台構造。

21. 前記耐熱性メタルシール部材（６６Ａ，６６Ｂ，）の表面には、前記  
5 被処理体（Ｗ）のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属膜（２  
０６）が被覆されていることを特徴とする請求の範囲第２０項記載の電極構造。

22. 前記耐熱性メタルシール部材（６６Ａ，６６Ｂ）が当接する部材の表  
面には、前記被処理体（Ｗ）のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟  
10 化金属層（２０８）が形成されていることを特徴とする請求の範囲第２０項記載  
の電極構造。

23. 前記耐熱性メタルシール部材（６６Ａ，６６Ｂ）の表面は、フッ素系  
ガスに対して耐腐食性を有するフッ化不動体膜（２１０）により被覆されている  
15 ことを特徴とする請求の範囲第２０項記載の電極構造。

24. 前記フッ化不動体膜（２１０）は、フッ化ニッケルよりなることを特  
徴とする請求の範囲第２３項記載の電極構造。

25 25. 真空引き可能になされた処理容器内で被処理体（Ｗ）に対して所定の  
処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、

前記被処理体を加熱するための加熱ヒータ部（４４）を内部に有する載置台（１  
６４）と、

この載置台に接合されて内部に前記載置台（１６４）を冷却する冷却ジャケッ  
25 ト（５８）を有する冷却ブロックと、

前記載置台と前記冷却ブロックとの接合対向面のうち少なくとも一方に同心円  
状或いは螺旋状に設けられる溝部（１５０）により形成されたラビリンス伝熱空  
間（１５４）と、

ラピリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段（９４）とを備えたことを特徴とする載置台構造。

26. 前記伝熱空間（１５４）を画成するために接合される部材の接合面の接触率は、４０～８０％の範囲内に設定されていることを特徴とする請求の範囲第２５項記載の載置台構造。

27. 前記伝熱空間（１５４）を画成する部材の表面粗さは２．０μm以下であることを特徴とする請求の範囲第２５項又は第２６項記載の載置台構造。

10 28. 前記載置台（１６４）の中心は内部が中空状の支柱（４８）により支持されており、前記支柱内には前記電極部の裏面中心部に向けて気体を吹き付けて脱熱を促進させる気体ブロウ手段（２２２）が設けられることを特徴とする請求の範囲第２５項記載の載置台構造。

15 29. 前記載置台（１６４）の中心は支柱（４８）により支持されており、この支柱は熱伝導性部材を介して前記冷却ブロック（４０）に接続されていることを特徴とする請求の範囲第２５項記載の載置台構造。

20 30. 真空引き可能な処理容器（２６）と、  
請求の範囲第１項乃至第１９項のいずれかに記載した電極構造（２８，３０）と、  
この電極構造に高周波電圧を印加する高周波電源（５６）とを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

25 31. 真空引き可能な処理容器（２６）と、  
請求の範囲第２０項乃至第２９項のいずれかに記載した載置台構造（１６２）と

を備えたことを特徴とする処理装置。

5

10

15

20

25

002260-0779960

## 要約書

真空引き可能になされた処理容器（２６）内でプラズマを用いて被処理体（Ｗ）  
に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造が提供され  
る。電極部（３８）は加熱ヒータ部（４４）を内部に有する。冷却ジャケット（５  
８）を有する冷却ブロック（４０）が電極部（３８）に接合されて電極部を冷却  
する。耐熱性メタルシール部材（６６Ａ、６６Ｂ）は、電極部と冷却ブロックと  
の間に形成される電極側伝熱空間（６２、６４）をシールする。電極側伝熱ガス  
供給手段（９４）は、電極側伝熱空間に伝熱ガスを供給する。これにより、２０  
０℃以上、例えば３５０～５００℃程度の高温域においても電極側伝熱空間のシ  
ール性が劣化せずに伝熱ガスが漏れることがない。